403—409

6824(9)

动 物 学 研 究 1996, 17 (4): 403—409 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

红腹锦鸡鸣声声谱分析*

姜仕仁 丁 平 李建华** 诸葛阳
(杭州大学生命科学学院生物学系 杭州 310012)

Q959.725

A **摘要** 本文对笼养红腹锦鸡的啼叫、求偶、炫耀、恐惧、惊叫等鸣叫声进行了声谱分析，探索不同鸣声特征与行为的关系，并将该雉雄体繁殖期的主要鸣声——啼叫声与白腹锦鸡进行了比较。

鸟纲;

关键词 红腹锦鸡，鸣声，声谱分析

红腹锦鸡(*Chrysolophus pictus*)是我国特有的二类保护珍禽之一，主要分布于青海、陕西、四川、贵州、湖南、湖北、广西等地。以往对其生态生物学方面已有一些研究，对其繁殖期的求偶行为及相应的鸣叫声也有一些文字记述，如庞秉璋(1964)记述了雄鸟平时的叫声分别为“geai-”和“gueiyi, gua-gua-gua…, guanin”；郑作新(1978)对该雉的叫声记述为“cha-chake”，“chap-choge”；据吴至康(1982)对贵州省赤水等山区红腹锦鸡的生态观察，该雉每年3月下旬开始鸣叫，一直到5月下旬，每天清晨6: 00左右发出“chā、chā、cha”，雌鸟发出“gui(归)、gui…”声；李湘涛(1985)对四川省北川山区红腹锦鸡的繁殖生态研究中，对雄鸟的叫声记述为“驾吉、驾吉”，并以清晨为多；邵晨(1994)在对笼养红腹锦鸡求偶炫耀行为进行观察的同时，记述了繁殖期的占区鸣叫为响亮的“chak”或“cha”，炫耀鸣叫为“shi-”和求偶喂食时轻声的“ge-ge”声或“gui-gui”声；Cramp等(1980)记述了笼养红腹锦鸡的9种鸣声，仅对啼叫声做了声谱分析。至今未见有对该雉鸣声进行较多的声谱分析方面的研究。1995年3—6月，我们对杭州动物园笼养条件下的红腹锦鸡(4♂♂ 2♀♀，引自上海动物园)繁殖期的声行为进行了观察和录音，对其主要鸣声进行了声谱分析，结果报道如下：

1 方法

于清晨5: 30—7: 30游人未进动物园之前，观察红腹锦鸡的行为特征，并用SHARP-CE-151型录音机(频响40—14000 Hz)通过外接电容式麦克风，对红腹锦鸡的各种鸣声进行大量录音。然后选取录音质量好的鸣声经计算机声谱分析系统进行声音信号的采样和分析。采样率为42.6 kHz，采样数据贮于计算机内存中，每次可存放3.85 s的鸣叫声信号数据。借助于快速傅里叶变换(FFT)对鸣声信号进行功率谱分析，每次用4096

---

*浙江省自然科学基金资助项目 **杭州动物园
本文1995年6月26日收到，同年8月8日修回

个数据（约 96 ms），分析带宽(Fi)为 10.4 Hz；并以分段递推对全句鸣声信号进行时变功率谱分析，分析帧长 1024 点，信号实际帧长 24 ms，等效分析带宽约 42 Hz，每帧推移量为 256 点。分析结果以孙金城等(1988)中心密集式亮点密度加彩色表示谱级的方法，30 dB 以下无显示，由计算机作出鸣声的彩色三维谱。最后由 UCDOS 3.1 系统提供的屏幕打印功能将图形输出。

2 结果

红腹锦鸡在该动物园每年从 3 月底开始发情，直至 6 月初止。求偶行为与前人观察的结果相似，主要表现为回返疾驰、炫耀羽毛和通过翅膀、翎羽、尾羽和双脚舞步等弄姿作态。在繁殖期内观察和记录到与繁殖行为密切相关的鸣声和其它鸣叫声，共有下列几种：

2.1 啼叫声(crowing call)

这类鸣叫声尖锐而响亮，以早晨为多，久远可闻。啼叫时，雄鸟昂首缩颈，且常喜站立高处。这是野外雄鸟在繁殖季节的占区鸣叫(郜晨，1994)，在笼养条件下，这种特性仍然很明显。其中又分为单声、双声和多声等。不同类型的鸣声有不同的声学结构特征。

2.1.1 单声　这种单声的啼叫声听起来如"geai-"，每声的持续时间在 175—300 ms 之间不等，频率也略有变化。由图 1 三维谱(a)和根据对其鸣声的前 96.1 ms 信号分析的功率谱图(b)中均可见，主要有 3 个共振峰构成。主能峰的峰值频率(MPF)在 4.5 kHz 左右，另外两个共振峰的峰值频率分别为 2.4 kHz 和 5.9 kHz 左右。频率分布范围在 2.2—6.0 kHz 之间。

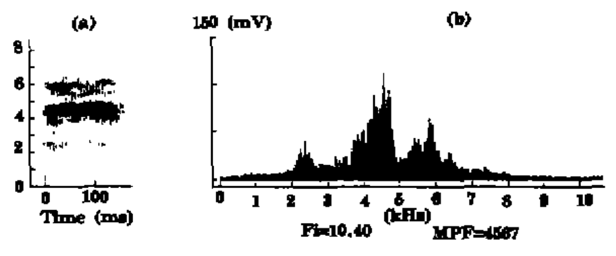


图 1　红腹锦鸡单声啼叫的三维谱和功率谱图

Fig.1　Sonagram and power spectrum of single crowing call of Golden Pheasant

2.1.2 双声　这是出现最多的一种啼叫声，听起来如"jei，geai-"声。两声短促而紧密相连，前一声持续时间为 117.6 ± 13.1 ms($N = 20$)，后一声持续时间较前一声长，为 225.3 ± 9.5 ms，两声的间隔时间仅为 99.1 ± 12.8 ms。两声的频率分布范围在 1.5—6.8 kHz 之间。由图 2(a)的三维谱中可见，每声均有 3 个共振峰。第 1 声由前 96.1 ms 鸣声信号分析的功率谱见图 2(b)，MPF 为 4.1 kHz；另两个共振峰的峰值频率分别位于 2.4 kHz 和 5.6 kHz 处。第 2 声的三维谱图和功率谱结构与单声啼叫相似。由前 192.2 ms 的信号分析可知，MPF 为 4.4 kHz，位于 5.3 kHz 处的共振峰能量较大，2.5 kHz 处的共振峰能量较小。

2.1.3 多声　这种鸣声相对前两种鸣声较少。由 3—5 声组成，第 1 声与庞秉璋(1964)描述的"gueiyi"声相似，后几声和上述单声的鸣声相似，即全"句"听起来如"gueiyi，geai，geai，geai，…"声。图 3 为一连续 4 声，这种鸣声的三维谱图和各声前 96.1 ms 信息分析的功率谱图。由图 3a、b 可见，第 1 声的三维谱和功率谱结构与后 3 声的不同，尤其是

开头，以2.5和3.5 kHz的低频共振峰为主，另有一能量较小的、峰值频率约6.8 kHz的高次共振峰。后3声的三维谱和功率谱结构(见图3c–e)相似，即都有MPF为4.8 kHz左右的主能峰和分别位于2.4和6.1 kHz处的2个次能峰构成。第1声时间最长，为388.5 ms；后3个音节时间短促，持续时间分别为174.3、192.0和186.8 ms；各声相隔时间较长，分别为919.6、815.9和849.1 ms。

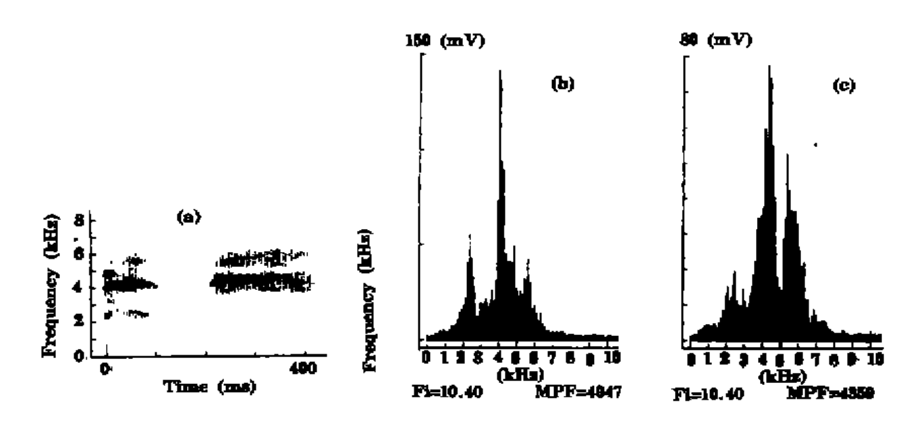


图2 红腹锦鸡双声啼叫的三维谱和功率谱图

Fig. 2 Sonagram and power spectra of double crowing call of Golden Pheasant

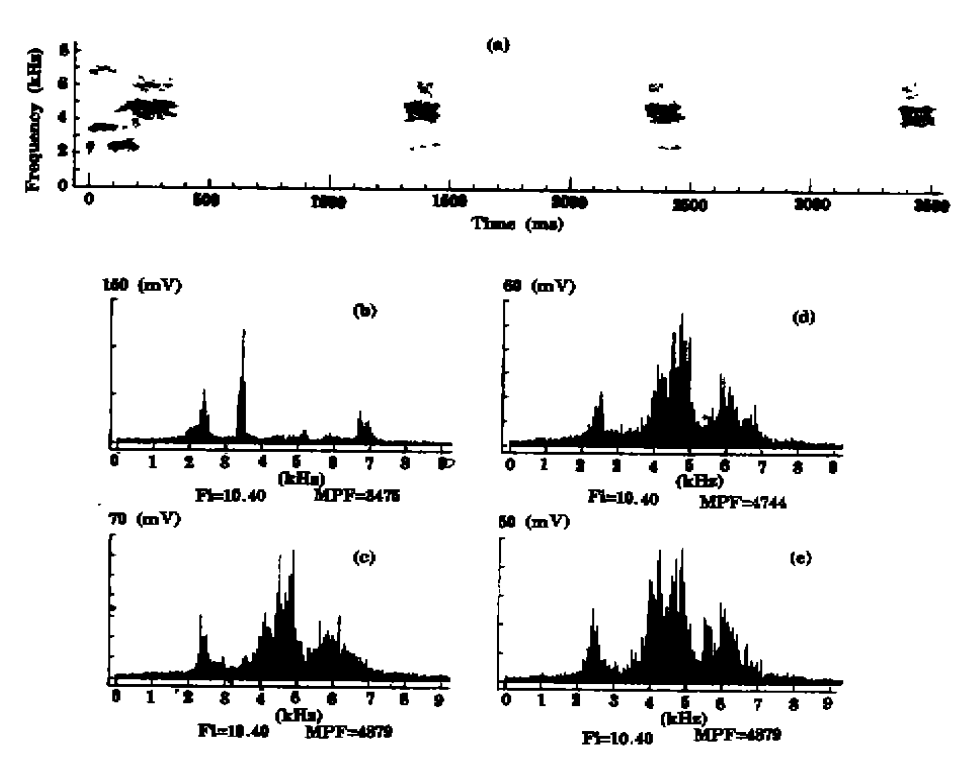


图3 红腹锦鸡多声啼声的三维谱及功率谱图

Fig. 3 Sonagram and power spectra of mult-crowing calls of Golden Pheasant

2.2 求偶鸣声(courtship sound)

这是早晨活动中雄鸟发出最多的一种声音，或在炫耀动作前后，雄鸟一边慢步走动，一边不时地发出轻而清脆的"gui、gui"声。邵晨(1994)称之为求偶鸣声。每声的持续时间从69.6 ms—168.5 ms不等，平均为124.9±37.1 ms(N=20)。鸣声的时间波形结构也随着各声强度和时间长短而有差异。图4a是其中一声的时间波形，由功率谱分析的结果(图4b)可见，这种鸣声的能量较集中，MPF变化范围在2.07—2.47 kHz之间，平均为2.25±0.15 kHz。

雌体平时鸣声极少，面对雄鸟的频频求偶，它似乎无动于衷，只顾闲散觅食。有时边觅食边发出类似于雄鸟的"gui，gui"声，发声的频次很少，声音也较轻。图4c为雌体这种声音的时间波形图。每声的持续时间在76—142 ms不等，这种鸣声的功率谱见图4d、MPF变化在2.06—2.66 kHz之间，平均为2.45±0.33 kHz (N=18)。由图4b、d右侧的三维谱图中可见，这类鸣声的频率由低变高上滑。

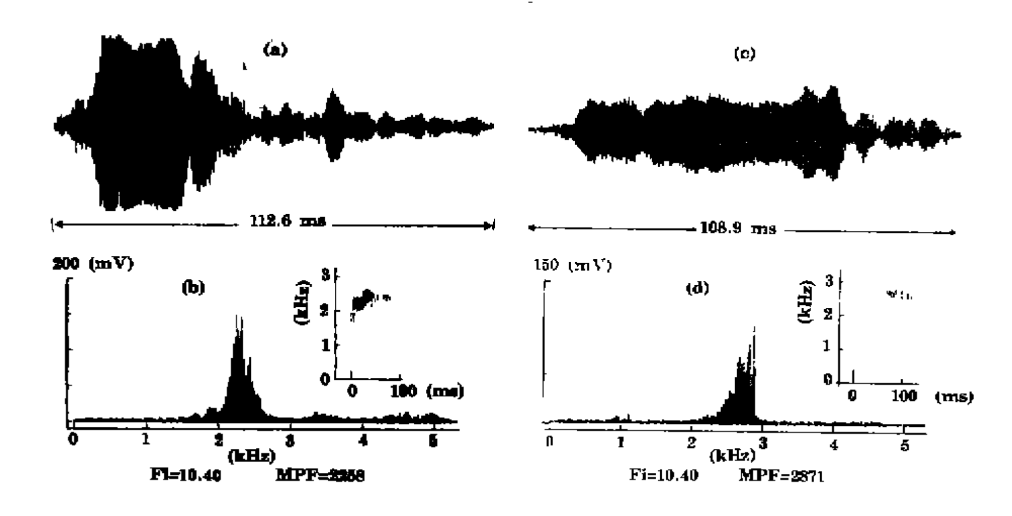


图4 红腹锦鸡雄体求偶鸣声和雌体觅食时鸣声的时间波形及功率谱图

Fig. 4 Timewave and power spectra of sounds of the male courtship and when female's found food

a、b：雄体(male)；c、d：雌体(female)。

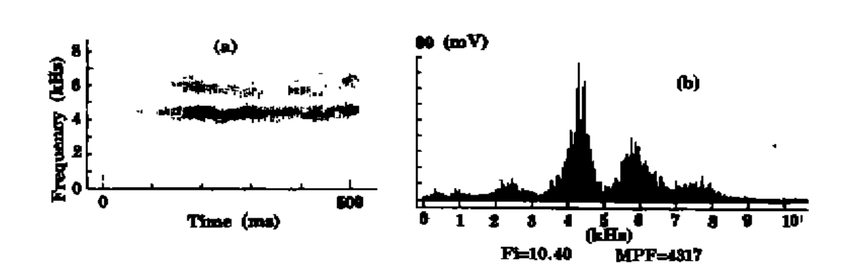


图5 红腹锦鸡炫耀鸣声的三维谱和功率谱图

Fis. 5 Sonagram and power spectrum of display call of Golden Pheasant

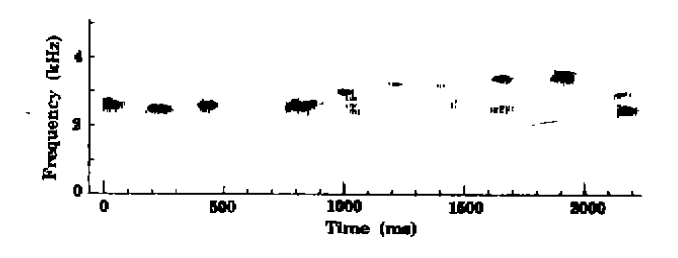


图 6 红腹锦鸡恐惧叫声的三维谱图

Fgi. 6 Sonagram of terrified call of Golden Pheasant

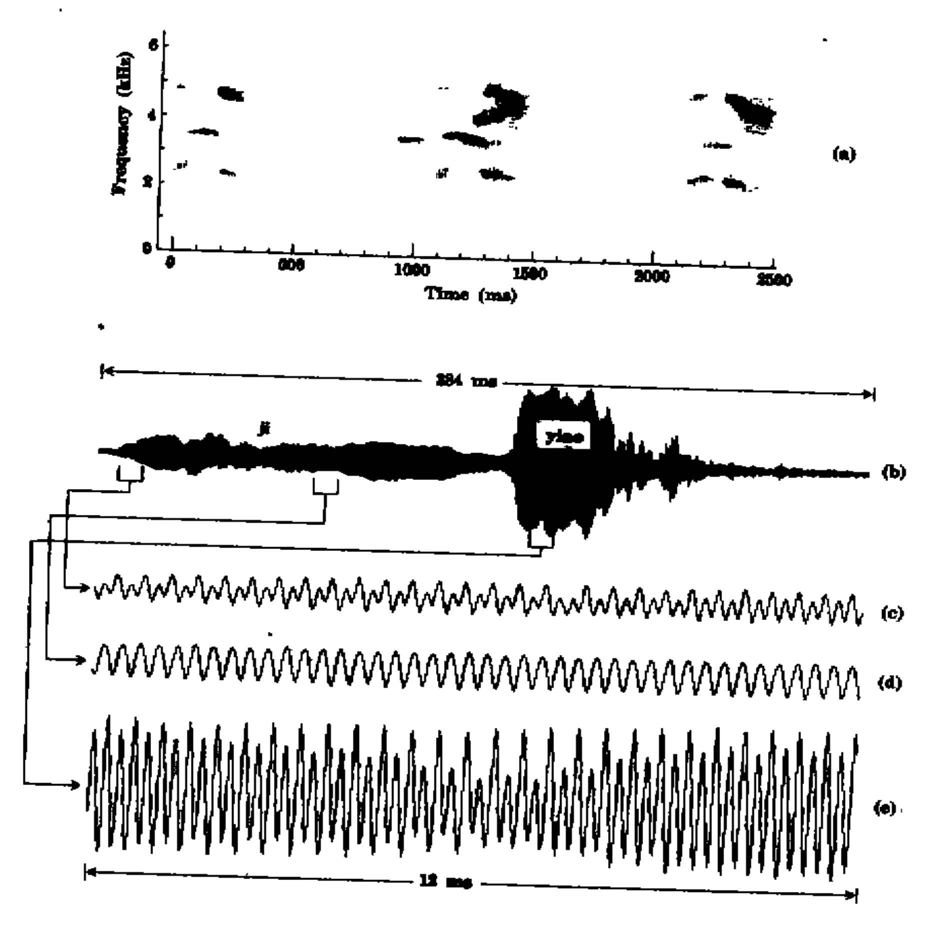


图 7 红腹锦鸡惊叫声的三维谱及时间波形图

Fig. 7 Sonogram and time wave of alarm call of Golden Pheasant

2.3 炫耀鸣声(display call)

随着炫耀动作的产生，每当雄鸟在雌鸟面前双脚交叉、弄姿作态时，总是伴随着发出尤如吹气般的"shi-"声，庞秉璋(1964)和邵晨(1994)均记述了这种唯有求偶时所特有。而平时不易听到的声音，每声时间为 430—450 ms，频率变化范围在 3.8—6.4 kHz 之间。由图 5a 可见，这种声音由 2 个频率较稳定的共振峰构成。以其中 96.1 ms 信号分析所得

的功率谱可见(图5b)，主能峰的峰值频率在4.3 kHz，次能峰的峰值频率位于5.8 kHz。

2.4 恐惧叫声(terrified call)

每当受到惊扰(如饲养管理人员进笼舍打扫卫生)后，雄鸟表现出惊恐不安的神态，边慢步走动，举颈环顾，边发出声调多变而又短促的类似于"gui，gui，gui，gui，…"的声音，图6是一连续10声这种叫声的三维谱图，频率范围在2.16—3.66 kHz之间。

2.5 惊叫声(alarm call)

当该雉被捉后，发出声嘶力竭的类似于"ji-yiao，ji-yiao，…"的声音。由图7a雄体连续3声这种叫声的三维谱可见，频率变化范围主要在2.2—5.2 kHz之间。各声的持续时间分别为305 ms、547 ms和352 ms。虽然每声的三维谱和时间波形由于鸣声强度不同而有差异，但叫声的时间波形特征基本相似。如图7b为第1声完整的时间波形图，由该图可见，"ji"音节为低振幅的波形，而"yiao"音节的振幅大，各声均是如此。从时间波形中还可见，"ji"音节中绝大部分为纯音(如图7d)，这就是图7a上位于3.6 kHz处的三维谱。但该"音节"中也带有短暂的2共振峰的成分，如第1、3声的开头和第2声前约1/4处的2共振峰三维谱，峰值频率分别为2.5 kHz和4.9 kHz，其波形结构如图7c。"yiao"音节也主要由2个共振峰构成，峰值频率分别约为4.8 kHz和2.4 kHz，能量主要集中在前者，两共振峰均呈频率下滑，部分时间波形如图7e所示。

3 讨论

已有的文献资料表明，尽管研究时间、地点不同，且有野外和室内笼养观察的，但所记载的鸣叫类型大多仍较相似。如对单声啼鸣的描述有"cha-"、"gua-"、"chap"、"geai-"和"驾吉"等，都表示出这种声音的沙哑响亮。并且无论是野生的或笼养的，都有单声、双声和多声啼鸣的记述。更有求偶的"gui"声和炫耀时的"shi-"声在有关文献中描述较一致。说明笼养红腹锦鸡仍保持着该种声行为上的特征。但不同分布区的红腹锦鸡是否存在声行为上的差异，有待进一步研究。

表1 红腹锦鸡和白腹锦鸡啼叫声的频率和时间特征比较

Tab. 1 The comparison on the characteristcs of frequency and time of the crowing calls between *C. pictus* and *C. amherstiae*

种类	类型	频率范围(kHz)	持续时间(s)	间隔时间(s)
白腹锦鸡	单声	1.6—4.1	0.2	—
	双声	2.2—3.6	0.2、0.15	0.21
	三声	1.6—4.1	0.15，0.12，0.12	0.3、0.08
红腹锦鸡	单声	2.2—6.0	0.175—0.300	—
	双声	1.5—6.8	0.118、0.225	0.10
	四声	2.4—6.8	0.388，0.174，0.192，0.186	0.92，0.82 0.85

进一步比较红腹锦鸡和白腹锦鸡(韩联宪等，1988)啼叫声的特征(表1)，两者在这种叫声的特征上既有一些相似性，又具明显区别。从啼叫声的类型上看，都有单声、双声和多声，只是前者的多声啼叫一般为3—5声，后者为3声，每声的三维谱也较相似，都有多个共振峰，各共振峰频率稳定。但前者一般都具3个共振峰，后者的双声仅见两个共振峰，单声和3声具4个共振峰。

由表1可见，两者每声的持续时间都较短暂。但红腹锦鸡啼叫声的频率较高、频宽较广；白腹锦鸡双声啼叫的持续时间是前声长后声短，而红腹锦鸡则是前声短后声长；还有多声啼叫的声与声的间隔时间差异较大，红腹锦鸡各声的间隔时间较长。由此可见，这两种同属的雉类既有相似的声行为特征，又有明显的种间区别。

参 考 文 献

庞秉璋，1964. 红腹锦鸡的求偶行为. 动物学杂志，(4)：155

郑作新，1978. 中国动物志. 鸟纲. 第4卷(鸡形目) 北京：科学出版社 184—186.

吴至康，1982. 红腹锦鸡生态初步观察 野生动物，(1)：26—28.

李福来，1985 红腹锦鸡雏鸟换羽研究. 动物学研究，6(4)：237—244.

李湘涛，1988. 红腹锦鸡的繁殖生态. 野生动物，(4)：14—15.

邵晨，1994. 红腹锦鸡求偶炫耀行为研究. 北京师范大学学报(自然科学版)，30(增刊)：91—96.

卢汰春，1983 褐马鸡生态和生物学研究. 动物学报，29(3)：287—290.

卢汰春，何芬奇，卢春雷，1986 绿尾虹雉叫声的声谱分析. 生态学报，6(1)：87—88.

韩联宪，杨岚，郑宝赉，1988. 白腹锦鸡鸣声的声谱分析. 动物学研究，9(2)：127—132.

郑光美，伊荣伦，张正旺等，1989. 黄腹角雉求偶炫耀行为. 动物学报，35(3)：328—332.

高育仁，1991. 白鹇叫声的声谱分析. 见：中国鸟类研究. 北京：科学出版社. 71—73，219—224.

Rimliger D S, 1984 Display behaviour of Temmincks tragopan. *W P A Journal*, Ⅸ: 19-32

Cramp S *et al*, 1980. Handbook of the birds of Europe the Middle East and North Africa. Oxford University Press. 1: 17-29, 2: 443-522

THE SOUND SPECTROGRAPHIC ANALYSES ON THE CALL OF GOLDEN PHEASANT *Chrysolophus pictus*

Jiang Shiren Ding Ping Li Jianhua Zhuge Yang

(*College of Life Science, Hangzhou University, Hangzhou, Zhejiang* 310012)

The calling song-crowing call, courtship sound, display call, terrifed call and alarm call—of golden pheasant (*Chrysolophus pictus*) in zoo had been analysed with computer technique. The results showed the relationship between the characters of calling songs and the behaviours. The comparative analysis on the crowing calls of the male *Chrysolophus pictus* and *Chrysolophus amherstiae* in the breeding season had also been done in this paper.

Key words *Chrysolophus pictus*, Sounds, Spectrographic analysis